

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-155793

(43)Date of publication of application : 16.06.1998

(51)Int.Cl.

A61B 8/00  
G01N 29/22  
G01S 7/523  
G01S 15/89

(21)Application number : 08-322798

(71)Applicant : GE YOKOGAWA MEDICAL SYST LTD

(22)Date of filing : 03.12.1996

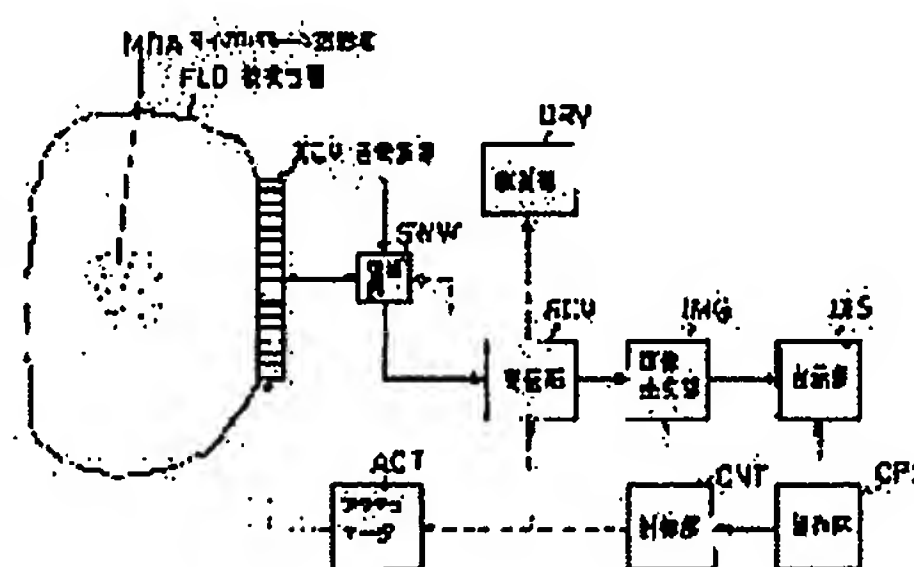
(72)Inventor : TAKEUCHI YASUTO

## (54) METHOD AND DEVICE FOR ULTRASONIC PHOTOGRAPHING

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively perform a second higher harmonic wave imaging by making an ultrasonic beam a long distance focusing beam for an ultrasonic photographing method wherein an image is formed based on a second higher harmonic wave echo by transmitting the ultrasonic beam to a sound field to be inspected.

**SOLUTION:** A wave transmitting-receiving part XCV is connected to a driving part DRV and a receiving part RCV through a switching part SWW, and an ultrasonic pulse is transmitted to a sound field to be inspected FLD by driving the wave transmitting-receiving part XCV by the driving DRV. In the sound field to be inspected FLD, a micro-balloon contrast medium MDA is injected in advance. The driving of the wave transmitting-receiving part XCV by the driving part DRV is performed in a manner to form an ultrasonic beam, e.g. of a Bessel shape, which is a long distance focusing beam, and respective ultrasonic transducers are driven so that a relative oscillation speed distribution at the opening of the wave transmitting-receiving part XCV may become the shape of first kind Bessel factor  $J_0$  ( $J_0$  factor) of degree zero.



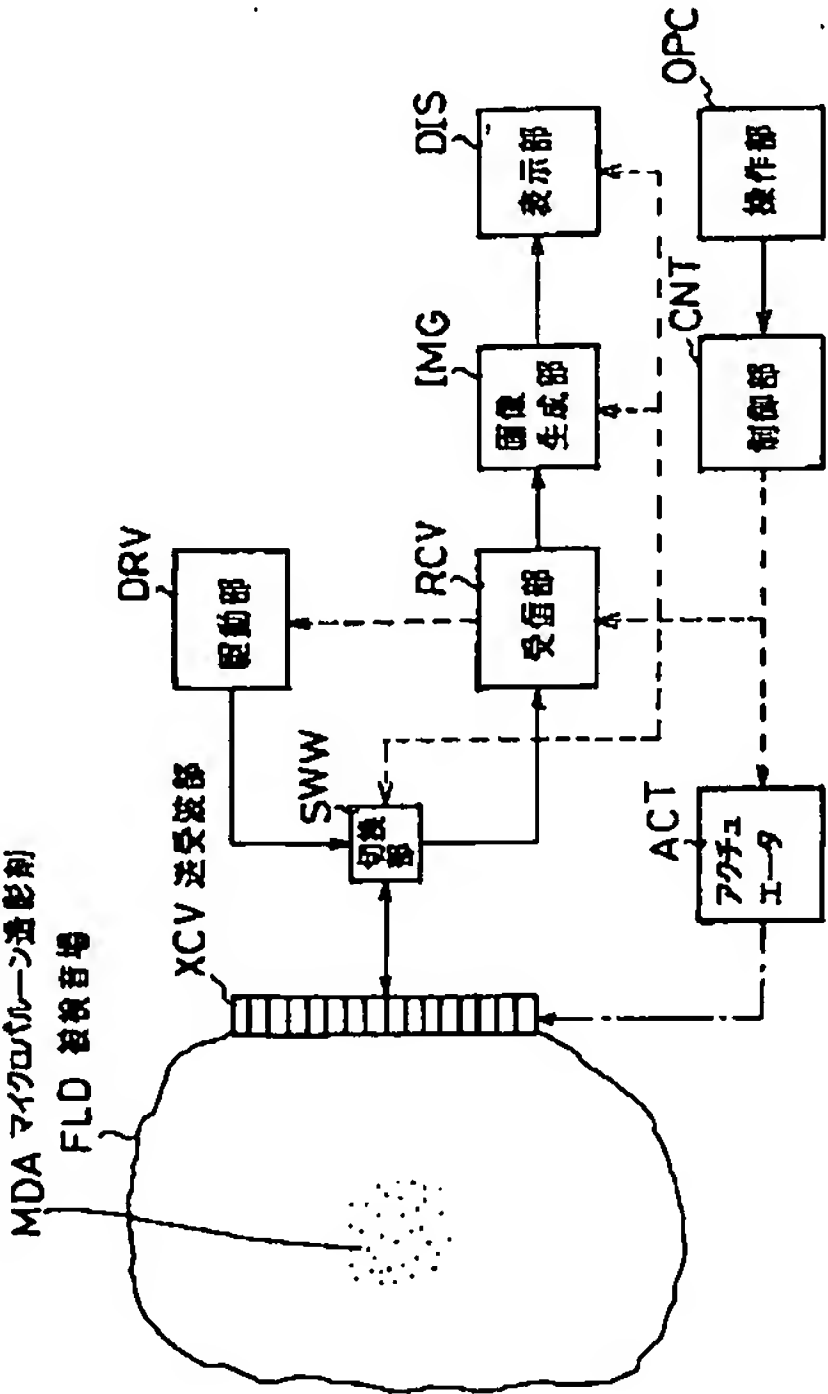
(51) Int.Cl. <sup>6</sup>		識別記号	F I
A 6 1 B	8/00		A 6 1 B 8/00
G 0 1 N	29/22	5 0 1	G 0 1 N 29/22 5 0 1
G 0 1 S	7/523		G 0 1 S 7/52 F
	15/89		15/89 B
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)			
(21) 出願番号	特願平8-322798		
(22) 出願日	平成 8 年(1996) 12 月 3 日		
(71) 出願人	000121936 ジーイー横河メディカルシステム株式会社 東京都日野市旭が丘4丁目7番地の127		
(72) 発明者	竹内 康人 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社 内		
(74) 代理人	弁理士 井島 藤治 (外1名)		

(54) 【発明の名称】 超音波撮像方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 第2高調波イメージングを効果的に行う超音波撮像方法および装置を実現する。

【解決手段】 被検音場に超音波ビームを送波し、第2高調波エコーに基づいて画像を生成する超音波撮像装置であって、超音波ビームを長距離集束ビームとして送波する送波手段XCV、DRVを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検音場に超音波ビームを送波し第2高調波エコーに基づいて画像を生成する超音波撮像方法であって、

前記超音波ビームを長距離集束ビームとした、ことを特徴とする超音波撮像方法。

【請求項2】 被検音場に超音波ビームを送波し第2高調波エコーに基づいて画像を生成する超音波撮像装置であって、

前記超音波ビームを長距離集束ビームとして送波する送波手段を具備する、ことを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項3】 前記送波手段は超音波トランスデューサの2次元アレイを有することを特徴とする請求項2に記載の超音波撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波撮像方法および装置に関し、特に、第2高調波エコー(echo)に基づいて撮像を行う超音波撮像方法および装置の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】超音波撮像は、被検体内に超音波を送波してそのエコーを受波し、エコー受波信号に基づいて画像を生成するようになっている。通常、超音波の送波はビーム(beam)の形で行われ、エコーの受波もそのビームに沿って行われる。ビームの方向は順次変更され、被検体内の所定の領域が走査される。

【0003】送波のビームは、被検体内の所定の深さにおいて最も細くなるように集束される。これによって、送波ビームが所定の深さにフォーカス(focus)され、その部分における撮像の方位分解能が高められている。

【0004】ある種の造影剤を用いて被検体内を造影撮影する場合に、第2高調波エコーに基づく超音波撮像(第2高調波イメージング(imaging))が行われる。第2高調波イメージングには、例えばマイクロバルーン(micro balloon) 造影剤等が用いられる。

【0005】マイクロバルーン造影剤は、直径が数 $\mu$ m程度の中空球(マイクロバルーン)を液体に所定の濃度で混入したものである。マイクロバルーンはその直径に対応した超音波周波数に共振し、その第2高調波成分を含むエコーを生じる。したがって、エコーの第2高調波成分に基づいて画像を生成することにより、被検体内での造影剤の分布像を得ることができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】マイクロバルーンは、印加される超音波の瞬時音圧が高いと、破壊して消滅する。消滅した後は造影撮像ができなくなるので、超音波の送波は、マイクロバルーンに加わる瞬時音圧が常に破壊限度を越えないようにして行わなければならない。こ

の破壊限度は50KPa(キロパスカル)とも100KPaとも言われている。このような値は、超音波撮像における被検体内での常識的な瞬時音圧の10分の1以下である。

【0007】瞬時音圧が高いと、被検体内での超音波の伝搬歪により第2高調波が発生し、マイクロバルーンからの第2高調波エコーと紛らわしくなるので、この点からも瞬時音圧を低下させることが必要になる。

【0008】送波超音波ビームの中心軸上の瞬時音圧は、フォーカス点においてピークを示し、その前後ではフォーカス点からの距離に応じて急激に低下する。したがって、フォーカス点における瞬時音圧を上記の限度を越えない値に設定した場合、フォーカス点の手前の領域および奥の領域では瞬時音圧が極めて低くなる。

【0009】第2高調波エコーはマイクロバルーンの2次歪に由来するものなので、印加される超音波の瞬時音圧の低下につれて、第2高調波エコーの発生効率は加速的に低下する。このためフォーカス点を外れたところからの第2高調波エコーは極めて微弱なものになり、その部分を画像化することが困難になる。

【0010】本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、第2高調波イメージングを効果的に行う超音波撮像方法および装置を実現することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、長距離集束ビームを利用する。長距離集束ビームの典型例はベッセルビーム(Bessel beam)である。そこで、先ず、予備的にベッセルビームについて説明する。

【0012】ベッセルビームについては、例えば文献 山田、多勢、中村 「コニカル形の放射面を用いたベッセルビームトランスジューサ」 日本音響学会誌 48巻12号 pp. 871-875 1992 に記載されている。

【0013】それによれば、回折の全く生じない波動ビームが理論的に存在し、この波動ビームは、0次の第1種ベッセル関数 $J_0$ ( $J_0$ 関数)で与えられる断面内分布を持ち、中心軸上のどの位置においても同じ分布を保ったまま伝搬する。このような無回折ビームは、本来開口が無限の場合にのみ存在するものであるが、有限の開口面から放射された場合でも、ある程度長い距離範囲にわたり広がらずに伝搬する。

【0014】ベッセル形の超音波ビームを放射するトランスデューサ(transducer)としては、圧電セラミック(ceramic)振動子を $J_0$ 関数の形に対応させて分極した後、これを一様な電圧で駆動するようにしたものや、一様に分極された振動子に設けた電極を同心リング状に分割し、各電極への印加電圧を $J_0$ 関数の形に応じて変えるようにしたものがある。

【0015】ベッセル形の超音波ビームは、中心軸上あ

る程度長い距離範囲にわたってビームが集束したものすなわち長距離集束ビームとなり、かつその範囲において瞬時音圧の変化が小さくなる。

【0016】次に、課題を解決するための手段を説明する。

〔1〕上記の課題を解決する請求項1の発明は、被検音場に超音波ビームを送波し第2高調波エコーに基づいて画像を生成する超音波撮像方法であって、前記超音波ビームを長距離集束ビームとしたことを特徴とする。

【0017】請求項1の発明では、長距離集束ビームにより、被検音場では、ビームの中心軸上長い距離範囲にわたってほぼ同じ瞬時音圧が印加される。このため、この範囲のエコー源への超音波印加条件が概ね一様になり、第2高調波イメージングを効果的に行う超音波撮像方法を実現することができる。

【0018】請求項1の発明において、前記長距離集束ビームはベッセル形の超音波ビームであることがエコー源への超音波印加条件の一様性を良くする点で好ましい。

〔2〕上記の課題を解決する請求項2の発明は、被検音場に超音波ビームを送波し第2高調波エコーに基づいて画像を生成する超音波撮像装置であって、前記超音波ビームを長距離集束ビームとして送波する送波手段を具備することを特徴とする。

【0019】請求項2の発明では、送波手段が被検音場に長距離集束ビームを送波することにより、ビームの中心軸上長い距離範囲にわたってほぼ同じ瞬時音圧が印加される。このため、この範囲のエコー源への超音波印加条件が概ね一様になり、第2高調波イメージングを効果的に行う超音波撮像装置を実現することができる。

【0020】請求項2の発明において、前記長距離集束ビームはベッセル形の超音波ビームであることがエコー源への超音波印加条件の一様性を良くする点で好ましい。

〔3〕上記の課題を解決する請求項3の発明は、請求項2の発明において、前記送波手段は超音波トランスデューサの2次元アレイを有することを特徴とする。

【0021】請求項3の発明では、2次元アレイを成す個々の超音波トランスデューサを0次の第1種ベッセル関数J<sub>0</sub>に則って駆動することにより、ベッセル形の超音波ビームを効果的に送波することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。

【0023】図1に超音波撮像装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。なお、本装置の構成によって本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。また、本装置の動作によって本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0024】まず、本装置の構成を説明する。図1に示すように、本装置は送受波部XCVを有する。送受波部XCVは、例えば図2に示すように、複数の超音波トランスデューサULTの2次元アレイによって構成される。超音波トランスデューサULTの2次元アレイは、本発明における超音波トランスデューサの2次元アレイの実施の形態の一例である。超音波トランスデューサULTは、超音波と電気信号の間で双方向の変換を行うものであり、例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）セラミックス等の圧電材料によって構成される。

【0025】送受波部XCVは、切換部SWWを通じて駆動部DRVと受信部RCVに接続されている。駆動部DRVは送受波部XCVを駆動することにより、被検音場FLDに超音波パルスを送波させるようになっている。被検音場FLDには予めマイクロバルーン造影剤MDAが注入されている。

【0026】駆動部DRVによる送受波部XCVの駆動は、ベッセル形の超音波ビーム（超音波ベッセルビーム）を形成するように行われる。具体的には、例えば図3に示すように、送受波部XCVの開口における相対的な振動速度分布が0次の第1種ベッセル関数J<sub>0</sub>（J<sub>0</sub>関数）の形になるように、個々の超音波トランスデューサULTを駆動することによって行われる。なお、図3のグラフの横軸は、開口半径によって正規化された距離を表す。

【0027】超音波ベッセルビームは、本発明における長距離集束ビームの実施の形態の一例である。送受波部XCVおよび駆動部DRVは、本発明における送波手段の実施の形態の一例である。

【0028】これによって、図4に示すように、ビームの中心軸に垂直な断面内の瞬時音圧分布がJ<sub>0</sub>関数で与えられる超音波ビーム、すなわち超音波ベッセルビームが得られる。このビームは、同図に示すように、半値幅が開口の10分の1程度の集束ビームとなる。なお、図4の音圧と距離はいずれも正規化された値である。

【0029】このような瞬時音圧分布が、ビームの中心軸上ある程度長い距離範囲にわたって保たれる。すなわち、ビームの集束状態が長い距離範囲にわたって維持され、長距離集束ビームが形成される。また、このとき、ビームの中心軸上の瞬時音圧は、図5に示すように、長い距離範囲にわたって変化量の少ないものとなる。なお、図5における音圧と距離はいずれも正規化値によって表す。

【0030】ビームの中心軸上の瞬時音圧は、マイクロバルーンの破壊限界に近いがそれを越えない値、すなわち、第2高調波エコーの発生効率の良い値になるように設定されている。このため、第2高調波エコーの発生効率の良い瞬時音圧が被検音場の長い距離範囲にわたって印加されるので、その範囲にあるマイクロバルーンはいずれも効率よく第2高調波エコーを発生するようにな



る。また、このときの瞬時音圧は数10KPa程度の値なので、伝搬歪による第2高調波は発生しない。あるいは、発生したとしても無視できる程度である。

【0031】送受波部XCVは被検音場から帰投したエコーを受波する。個々の超音波トランスデューサULTの受波信号は、切換部SWWを通じて受信部RCVに入力される。受信部RCVは、個々の入力信号を各々遅延時間を調整して加算する整相加算により、送波ビームに沿った音線上のエコー受信信号を形成する。すなわち、フェーズドアレイ(phased array)の手法により、受波の

ビームフォーミング(beam forming)を行う。

【0032】受信部RCVは、また、エコー受信信号から第2高調波成分を抽出する。第2高調波成分の抽出は、例えば第2高調波に同調したバンドパスフィルタ(bandpass filter)等によって行われる。これによって、第2高調波エコーの時系列信号が得られる。これは、第2高調波エコーについての1音線分のAスコープ(scope)信号となる。

【0033】送受波部XCVは、アクチュエータACTに連結されている。アクチュエータACTは、送受波部XCVを機械的に動かすことにより、被検音場FLDを超音波ビーム(音線)で走査(スキャン(scan))するようになっている。

【0034】スキャンは、例えば、音線を平行移動させるリニアスキャン(linear scan)または扇状に音線を振るセクタスキャン(sector scan)とされる。スキャンは1音線分の超音波送受毎に1ステップ(step)ずつ進められ、被検音場の所定の領域がスキャンされる。

【0035】受信部RCVは画像生成部IMGに接続されている。画像生成部IMGには、受信部RCVから各音線のAスコープ信号が入力される。画像生成部IMGは、それらAスコープ信号に基づいてBモード(mode)画像を生成するようになっている。

【0036】画像生成部IMGには表示部DISが接続されている。画像生成部IMGが生成した画像が表示部DISに入力され、可視像として表示されるようになっている。

【0037】以上の駆動部DRV、切換部SWW、受信部RCV、アクチュエータACT、画像生成部IMGおよび表示部DISは、制御部CNTに接続されている。制御部CNTは、それらに制御信号を与えて動作を制御するようになっている。

【0038】制御部CNTには操作部OPCが接続されている。操作部OPCは操作者によって操作され、操作者が所望する各種の指令や情報が制御部CNTに与えられる。ベッセルビームを適切に形成するためのパラメータ(parameter)等もここから入力される。

【0039】次に、本装置の動作を説明する。動作は制御部CNTによる制御の下で行われる。送受波部XCVは駆動部DRVから切換部SWWを通じて与えられる駆

動信号によって駆動され、ベッセルビームを形成する超音波パルスを送波部FLDに送波する。超音波パルスの送波は所定のタイミング(timing)で繰返され、それに歩調を合わせて、アクチュエータACTにより順次音線が変更される。

【0040】毎回の送波に引き続いてエコーの受信処理が行われる。すなわち、被検音場FLDから帰投するエコーが送受波部XCVで受波され、受波信号が切換部SWWを通じて受信部RCVに入力され、受信部RCVによって第2高調波エコーのAスコープ信号が形成され、このAスコープ信号が画像生成部IMGに入力される。

【0041】アクチュエータACTによる被検音場のスキャンが画像の1フレーム(frame)分行われたとき、1画面分のAスコープ信号が揃う。画像生成部IMGは、これらAスコープ信号に基づいてBモード画像を生成し、表示部DISで表示する。これによって、マイクロバルーン造影剤MDAの像が表示部DISに表示される。

【0042】超音波の送波が、ベッセルビームすなわち長距離集束ビームによって行われることにより、被検音場の深さ方向の広い範囲で瞬時音圧がほぼ同じになり、この範囲のマイクロバルーンは、いずれも第2高調波エコーの発生効率がほぼ同じになる。また、瞬時音圧の値は第2高調波エコーの発生効率の良い値に設定されているので、この深さ範囲のマイクロバルーンはいずれも効率良く第2高調波エコーを発生する。したがって、マイクロバルーンを効率良く画像化することができ、第2高調波エコーによる造影撮像が効果的に行える。

【0043】本装置において、被検音場のスキャンは、アクチュエータACTによるメカニカルスキャン(mechanical scan)に代えて、フェーズドアレイの手法等による電子スキャンを利用するようにしても良い。これは機械的な可動部を無くする点で好ましい。これに対して、メカニカルスキャンは、電子スキャンに比べてビームフォーミング手段が簡素化される点で好ましい。

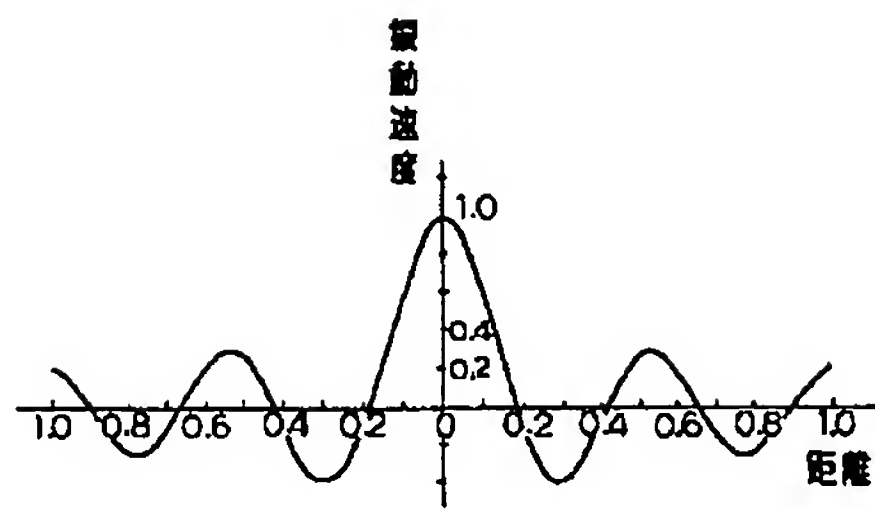
【0044】また、長距離集束ビームの送波部としては、上記のような2次元アレイが、超音波トランスデューサの駆動条件を個々に調節することにより精度の良いベッセルビームを得る点で好ましいが、それ以外の送波手段を利用するようにしても良い。

【0045】図6に、長距離集束ビームの送波部の他の形態例を示す。図6の(a)は、リング(ring)状の超音波トランスデューサRNGを用いた例である。同図では、超音波トランスデューサRNGを断面図によって示す。これを駆動したとき、超音波トランスデューサRNGから、同図に同心円ないし円弧で示すように、ドーナツ状の波面を成す超音波が送波され、それら波面の合成により、中心軸AXに沿って、瞬時音圧の変化が少ない集束ビームすなわち長距離集束ビームが形成される。

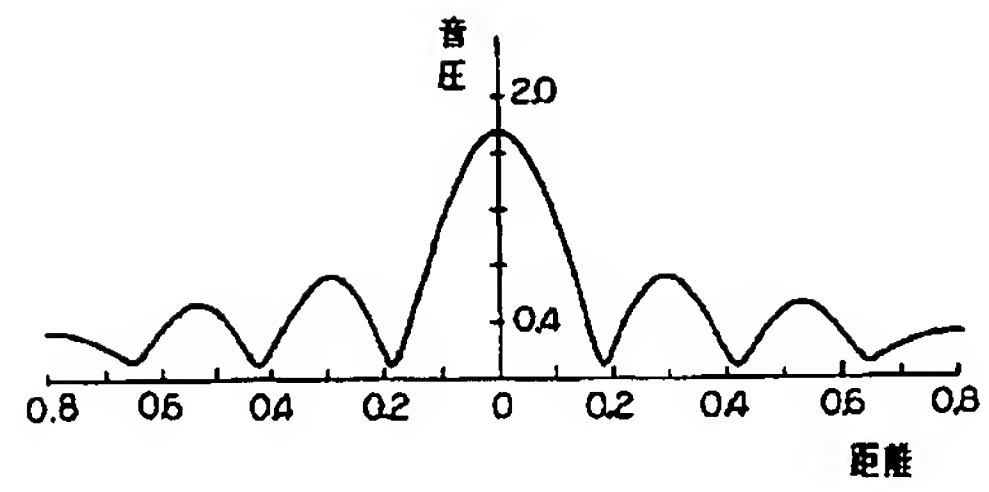
【0046】図6の(b)は、回転双曲線型の放射面を



【図3】



【図4】



【図6】

